

**IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE**

IN RE APPLICATION OF: Takashi MIYACHI

SERIAL NO.: NEW U.S. PCT APPLICATION

FILED: HERewith

INTERNATIONAL APPLICATION NO.: PCT/JP99/03458

INTERNATIONAL FILING DATE: JUNE 29, 1999

FOR: SCANNING EXPOSURE METHOD, SCANNING EXPOSURE APPARATUS AND  
MAKING METHOD THEREOF, AND DEVICE AND DEVICE MANUFACTURING  
METHOD#3  
Priority  
Paper  
Rabeef  
4/10/01**REQUEST FOR PRIORITY UNDER 35 U.S.C. 119  
AND THE INTERNATIONAL CONVENTION**Assistant Commissioner for Patents  
Washington, D.C. 20231

Sir:

In the matter of the above-identified application for patent, notice is hereby given that  
the applicant claims as priority:

<b><u>COUNTRY</u></b>	<b><u>APPLICATION NO.</u></b>	<b><u>DAY/MONTH/YEAR</u></b>
JAPAN	10/197977	29 JUNE 1998

A certified copy of the corresponding Convention application(s) was submitted to the  
International Bureau in PCT Application No. **PCT/JP99/03458**.Respectfully submitted,  
OBLON, SPIVAK, McCLELLAND,  
MAIER & NEUSTADT, P.C.

Marvin J. Spivak

Attorney of Record

Registration No. 24,913

Surinder Sachar

Registration No. 34,423

**22850**

(703) 413-3000

Fax No. (703) 413-2220

(OSMMN 1/97)



09/720789

PCT/JP99/03458

JP99/03458

29.06.99

日 本 国 特 許 庁  
PATENT OFFICE  
JAPANESE GOVERNMENT

REC'D 13 AUG 1999

WIPO PCT

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日

Date of Application:

1998年 6月29日

出 願 番 号

Application Number:

平成10年特許願第197977号

出 願 人

Applicant (s):

株式会社ニコン

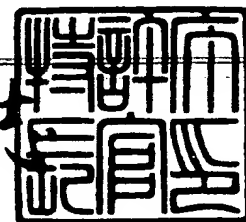
PRIORITY  
DOCUMENT

SUBMITTED OR TRANSMITTED IN  
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

1999年 7月15日

特許庁長官  
Commissioner,  
Patent Office

山 建 彦 佐 平



出証番号 出証特平11-3050152

【書類名】 特許願

【整理番号】 98-00362

【提出日】 平成10年 6月29日

【あて先】 特許庁長官 殿

【国際特許分類】 H01L 21/027

【発明の名称】 走査露光方法及び走査型露光装置

【請求項の数】 11

【発明者】

    【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内 3 丁目 2 番 3 号 株式会社 ニコ  
                                ン内

    【氏名】 宮地 敬

【特許出願人】

    【識別番号】 000004112

    【氏名又は名称】 株式会社 ニコン

【代理人】

    【識別番号】 100102901

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 立石 篤司

    【電話番号】 03-3354-4251

【代理人】

    【識別番号】 100099793

    【弁理士】

    【氏名又は名称】 川北 喜十郎

    【電話番号】 03-5362-3180

【手数料の表示】

---

    【納付方法】 予納

    【予納台帳番号】 053132

    【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】	明細書	1
【物件名】	図面	1
【物件名】	要約書	1

【書類名】 明細書

【発明の名称】 走査露光方法及び走査型露光装置

【特許請求の範囲】

【請求項1】 マスクと感応基板とを同期移動させながら、前記マスクに形成されたパターンを、投影光学系を介して前記感応基板上の区画領域に転写する走査露光方法において、

前記区画領域の表面状態と前記感応基板上の照明領域の形状とに応じて、前記感応基板の合焦制御のモードを決定し、該決定されたモードで前記合焦制御を行いつつ、前記マスクに形成されたパターンを前記区画領域に転写することを特徴とする走査露光方法。

【請求項2】 前記合焦制御の第1モードは、前記感応基板の同期移動に追従して、前記感応基板の同期移動方向に関するレベリング制御を行うモードであり、前記合焦制御の第2モードは、前記感応基板の同期移動に追従して、レベリング制御を行わないモードであることを特徴とする請求項1に記載の走査露光方法。

【請求項3】 前記区画領域の表面状態は、前記区画領域内の転写パターンの繰り返し単位領域における前記投影光学系の光軸方向に関する凹凸の前記感応基板の同期移動方向に関する空間周波数分布で表され、前記照明領域の形状は、前記照明領域の前記感応基板の同期移動方向に関するスリット幅で表されることを特徴とする請求項2に記載の走査露光方法。

【請求項4】 前記空間周波数分布において振幅が最大となる卓越周波数に応じた卓越波長が前記スリット幅に応じた長さ以上のときに、前記第1モードで前記感応基板を合焦制御し、前記卓越波長が前記スリット幅に応じた長さ未満のときに、前記第2モードで前記感応基板を合焦制御することを特徴とする請求項3に記載の走査露光方法。

---

【請求項5】 前記スリット幅に応じた長さは、前記スリット幅であることを特徴とする請求項4に記載の走査露光方法。

【請求項6】 マスクと感応基板とを同期移動させながら、前記マスクに形成されたパターンを、投影光学系を介して前記感応基板上の区画領域に転写する

走査型露光装置であって、

前記マスクを保持するマスクステージと；

前記感応基板を保持する基板ステージと；

前記感応基板表面の照明領域内の少なくとも 1 点の検出点における前記投影光学系の光軸方向の位置を検出する第 1 検出系と；

前記マスクステージと前記基板ステージと前記投影光学系の光軸と垂直な平面内で駆動する第 1 駆動系と；

前記基板ステージを前記投影光学系の光軸方向及び傾斜方向の少なくとも一方へ駆動する第 2 駆動系と；

前記区画領域の表面状態を示すデータを記憶する記憶装置と；

前記区画領域の表面状態を示すデータと前記照明領域の形状に関するデータとの関係に基づいて合焦制御のモードを決定し、前記第 1 検出系による検出結果に基づき前記第 2 駆動系を制御して合焦制御しつつ、前記第 1 駆動系を制御して前記マスクステージと前記基板ステージとを同期移動させる制御系とを備える走査型露光装置。

【請求項 7】 前記合焦制御の第 1 モードは、前記感応基板の同期移動に追従して、前記感応基板の同期移動方向に関するレベリング制御を行うモードであり、前記合焦制御の第 2 モードは、前記感応基板の同期移動に追従して、レベリング制御を行わないモードであることを特徴とする請求項 6 に記載の走査型露光装置。

【請求項 8】 前記区画領域の表面状態を示すデータは、前記区画領域内の転写パターンの繰り返し単位領域における前記投影光学系の光軸方向に関する凹凸の前記感応基板の同期移動方向に関する空間周波数分布において、振幅が最大となる卓越周波数に応じた卓越波長であるとともに、前記照明領域の形状に関するデータは、前記照明領域の前記感応基板の同期移動方向に関するスリット幅であり、

前記制御系は、前記パターンの転写に際し、前記卓越波長が前記照明領域のスリット幅以上のときに、前記第 1 モードで前記感応基板を合焦制御し、前記卓越波長が前記スリット幅未満のときに、前記第 2 モードで前記感応基板を合焦制御

することを特徴とする請求項 7 に記載の走査型露光装置。

【請求項 9】 前記投影光学系の光軸方向に垂直な仮想面に対する、前記同期移動の方向及びこれに垂直な方向に関する前記基板ステージの傾きを検出する第 2 検出系を更に備え、

前記制御系は、前記第 1 検出系及び前記第 2 検出系の検出結果に基づいて、合焦制御を行うことを特徴とする請求項 7 に記載の走査型露光装置。

【請求項 10】 前記合焦制御の第 3 モードとして、前記第 2 検出系による検出結果に基づいて、前記基板ステージ表面を前記仮想面とほぼ平行に維持するモードを更に含み、

前記第 3 モードによる合焦制御の下での前記同期移動中における前記第 1 検出系による検出結果データを収集し、前記検出結果データに基づいて前記区画領域の表面状態を求める演算装置を更に備えることを特徴とする請求項 9 に記載の走査型露光装置。

【請求項 11】 前記演算装置は、前記検出結果データに基づいて、前記区画領域内の転写パターンの繰り返し単位領域における前記投影光学系の光軸方向に関する凹凸の前記感応基板の同期移動方向に関する空間周波数分布を演算した後、前記空間周波数分布において振幅が最大となる卓越周波数に応じた卓越波長を求め、前記記憶装置に格納することを特徴とする請求項 10 に記載の走査型露光装置。

【発明の詳細な説明】

【0001】

【発明の属する技術分野】

本発明は、走査露光方法及び走査型露光装置に係り、更に詳しくは半導体素子、液晶表示素子等をリソグラフィ工程で製造する際に用いられる走査露光方法、及びその走査露光方法が適用される走査型露光装置に関する。

【0002】

【従来の技術】

従来より、半導体素子等をフォトリソグラフィ技術を用いて製造する際に、マスク又はレチクル（以下、「レチクル」と総称する）のパターンを投影光学系を



介して、フォトレジスト等の感光材料が塗布されたウエハ又はガラス基板等の感応基板上に転写する投影露光装置が使用されている。一般に投影露光装置においては、開口数 (N.A.) が大きく焦点深度の浅い投影光学系が使用されるため、微細な回路パターンを高い解像度で転写するためには、感応基板の表面を投影光学系の結像面に合わせ込むための機構が必要である。このため、投影露光装置は感応基板表面を投影光学系の焦点深度の範囲内に合わせ込むための合焦機構を備えている。これは、投影光学系の光軸方向 (Z 方向) の感応基板表面の位置と投影光学系の光軸方向に直交する面に対する傾きとを検出するフォーカス/レベリング検出系と、検出された高さ及び傾きに基づいて感応基板表面の位置及び姿勢を調整する調整機構 (以下、「Z レベリングステージ」という) から構成されている。

#### 【0003】

一方、最近では、半導体素子のチップが大型化する傾向にあり、より大面積のパターンを感応基板上に投影露光するという要求がある。これに応えるため、レチクルと感応基板とを投影光学系に対して同期して走査することにより、投影光学系の有効照明領域より広い範囲のショット領域への露光が可能ないわゆるステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置が実用化されている。かかる走査型露光装置では、感応基板表面のある領域を露光するためには、この領域を、感応基板とレチクルが互いの位置関係を同期させながら、所定の露光ドーズ量に見合った速度で、ほぼ定速で同期移動する必要がある。このため、感応基板が搭載されたステージ (XY ステージ) を露光する領域の手前から助走を開始させ、助走中にレチクルを載せたステージとの同期がとられ、その後に感応基板上のショット領域が露光位置に到達した時点で、露光が行われるという手順が含まれる。

#### 【0004】

この手順の一部として、助走開始時に合焦位置の探索とその位置への感応基板表面の移動が行われ、その後、移動する感応基板表面を追従する形で、感応基板上の露光領域の Z 方向位置並びに同期移動方向及び非同期移動方向に関する傾斜を検出し、この検出結果に基づいて露光領域の合焦動作が行われる。この合焦動作は、通常、投影光学系の光軸方向 (Z 方向) の合焦動作であるフォーカス動作

と、X及びY軸回りの傾斜方向の合焦動作であるいわゆるレベリング動作とを同時に行い、これにより、感応基板表面の照明領域と投影光学系の結像面との差がもっとも小さくなるようにする。

【0005】

【発明が解決しようとする課題】

ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置においては、露光される感応基板が露光中に移動するので、逐次、投影光学系の結像面と感光基板表面の露光領域とを近づけるように制御が繰り返される。したがって、駆動機構が感応基板の外形の外側に配置される典型的なZレベリングステージの構成においては、Zレベリングステージの駆動負荷の多くは、レベリング動作に関するものである。

【0006】

また、かかる走査型露光装置では、同期移動方向（例えば、Y方向）に関する露光領域の長さを非同期移動方向（例えば、X方向）に比べて短くとしたスリット状の露光領域の形状を採用し、この露光領域の形状に基づいて、露光領域内におけるフォーカス検出点を配置する。このときには、同期移動方向の傾斜成分を計算するための基線となる長さが非同期移動方向に比べて短くなるため、Zレベリングステージの駆動負荷に占める同期移動方向に関するレベリング動作の寄与は大きくなる。

【0007】

すなわち、ステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置において、Zレベリングステージの駆動能力の多くは、走査方向に関するレベリング動作に費やされることになる。

【0008】

ところで、感応基板上に形成される集積回路パターンは段差を有していることが多く、こうしたパターン段差を有する感応基板（以下、「段差基板」という）に対しては、上記の理由で同期移動方向に関するレベリング動作のためのZレベリングステージの駆動負荷が著しく増加する。こうした段差基板における段差パターンは周期的な繰り返し成分を有することが多く、また、その周期の分布状況

は集積回路パターンの用途、特性等に応じて様々である。短い繰り返し周期成分が大きくなると、同期移動方向に関するレベリング動作に関する駆動負荷が高くなるので、Zレベリングステージの駆動能力を高くすることが必要となり、Zレベリングステージの構成が複雑かつ大規模なものになってしまう。

#### 【0009】

また、同期移動方向のレベリング追従に必要な性能に、装置のZレベリングステージの性能が満たない場合は、同期移動方向のレベリング調整が不十分となる。さらに、Zレベリングステージの性能の100%が段差に起因する同期移動方向のレベリング追従に当てられた場合、段差以外の感応基板の形状（例えば、生基板が持っているそり、うねり）の矯正が不可能となるので、非線形領域の影響による制御破綻等による大幅な結像劣化などのさらに深刻な影響を及ぼす可能性も考えられる。

#### 【0010】

本発明は、かかる事情の下になされたもので、その第1の目的は、大きな合焦駆動能力を前提とせずに、極端な結像性能の劣化を起こすこと無くパターン転写が可能な走査露光方法を提供することにある。

#### 【0011】

また、本発明の第2の目的は、簡易な構成の合焦機構による合焦制御を行いつつ、極端な結像性能の劣化を起こすこと無くパターン転写が可能な走査型露光装置を提供することにある。

#### 【0012】

##### 【課題を解決するための手段】

前述のように、いわゆるステップ・アンド・スキャン方式による走査露光においては、同期移動に追従して露光中の各時刻において正確に合焦制御を行おうとすると、前述のように、大きな合焦駆動力を前提とすることが必要となる。また、本発明者が研究の結果から得た知見によれば、感応基板上の露光領域は、通常、同期移動方向に一定のスリット幅を有しているので、段差基板表面の区画領域における凹凸の周期が、露光領域のスリット幅よりも短い場合を考えると、同期移動方向に関するレベリング補正を行って段差の追従をさせることは必ずしも結

像性能の向上にはつながらない。

【0013】

すなわち、段差基板における段差の繰り返し周期が、段差基板上の露光領域の同期移動方向の幅よりも短い場合を考えると、同期移動方向に関するレベリング追従有りの場合は、照野スリット中央が通過する付近ではデフォーカス量がほぼ0に追い込まれるが、露光領域の端が通過する付近では比較的大きなデフォーカスが存在した状態で露光が行われる（図9（A）参照）。これは、正のデフォーカス量／デフォーカス無し／負のデフォーカス量の3状態で露光されるDP露光（異なったフォーカス位置での結像を重ね合わせて焦点深度の低下を補う露光方法）となる。一方、同期移動方向に関するレベリング追従無しの場合には、照野スリット中心でデフォーカスが0になり、それ以外の箇所では露光領域の中心からの距離に比例したデフォーカスが残った状態で露光させる（図9（B）参照）。これは、正のデフォーカス量から負のデフォーカス量まで、連続的にDP露光がなされるCDP（Continuous DP）露光の状態となる。

【0014】

これらのどちらが結像面でより望ましい結果となるかどうかは、感光レジスト剤の特性の他様々なパラメータが関係してくるため、一口に言えば、ケースバイケースと言わざるを得ないが、同期移動方向に関するレベリングリング追従を行う場合には、Zレベリングステージにより多くの負荷をかけることになり、装置設計上から見れば、Zレベリングステージにより多くの性能の余裕を見なければならない。この傾向は、くり返し周期の短い段差を感応基板に見込むほどより顕著になる。

【0015】

これに注目して、本発明の走査露光方法は、マスク（R）と感応基板（W）とを同期移動させながら、前記マスク（R）に形成されたパターンを、投影光学系（PL）を介して前記感応基板（W）上の区画領域に転写する走査露光方法において、前記区画領域の表面状態と前記感応基板（W）上の照明領域（露光領域）の形状とに応じて、前記感応基板（W）の合焦制御のモードを決定し、該決定されたモードで前記合焦制御を行いつつ、前記マスクに形成されたパターンを前記

区画領域に転写することを特徴とする。

【0016】

これによれば、区画領域の表面状態と感応基板上の照明領域（露光領域）の形状とに応じて、感応基板の合焦制御のモードを決定し、適正化されたモードで合焦制御を行いつつ、マスクに形成されたパターンを区画領域に転写するので、大きな合焦駆動能力を前提とせずに、極端な結像性能の劣化を起こすことなく、マスクに形成されたパターンを感応基板に転写することができる。

【0017】

なお、本発明の走査露光方法では、感応基板の区画領域の表面状態と露光領域の同期移動方向に関するスリット幅とに応じて、合焦制御にあたって最も駆動負荷が高くなることが予想される同期移動方向に関するレベリング制御に着目し、その制御の有無を選択することが可能である。

【0018】

また、区画領域の表面状態として、区画領域内の転写パターンの繰り返し単位領域における投影光学系の光軸方向に関する凹凸の同期移動方向に関する空間周波数分布とし、該空間周波数分布において振幅が最大となる卓越周波数に応じた卓越波長とスリット幅とに応じて、合焦制御モードを決定することが可能である。なお、卓越周波数は、その感応基板に関するそれまでのリソグラフィ工程から計算によって求めることも可能であるし、また、その感応基板を事前測定して求めることも可能である。

【0019】

本発明の走査型露光装置は、マスク（R）と感応基板（W）とを同期移動させながら、前記マスク（R）に形成されたパターンを、投影光学系（PL）を介して前記感応基板（W）上の区画領域に転写する走査型露光装置であって、前記マスク（R）を保持するマスクステージ（3）と；前記感応基板（W）を保持する基板ステージ（10）と；前記感応基板（W）表面の照明領域（6）内の少なくとも1点の検出点における前記投影光学系（PL）の光軸方向の位置を検出する第1検出系（7A、7B）と；前記マスクステージ（3）と前記基板ステージ（10）と前記投影光学系（PL）の光軸と垂直な平面内で駆動する第1駆動系（

14、16)と;前記基板ステージ(10)を前記投影光学系(PL)の光軸方向及び傾斜方向の少なくとも一方へ駆動する第2駆動系(21A、22A、23A)と;前記区画領域の表面状態を示すデータを記憶する記憶装置(19)と;前記区画領域の表面状態を示すデータと前記照明領域(6)の形状に関するデータとの関係に基づいて合焦制御のモードを決定し、前記第1検出系(7A、7B)による検出結果に基づき前記第2駆動系(21A、22A、23A)を制御して合焦制御しつつ、前記第1駆動系(14、16)を制御して前記マスクステージと前記基板ステージとを同期移動させる制御系(20)とを備える。

## 【0020】

これによれば、制御系が、記憶装置に記憶された区画領域の表面状態を示すデータと感応基板上の照明領域の形状に関するデータとに基づいて、合焦制御のモードを決定する。そして、制御系が、決定された合焦モードで、第1検出系による検出結果に基づき第2駆動系を制御して、感応基板を保持する基板ステージを投影光学系の光軸方向へ駆動し、合焦制御を行う。この合焦制御とともに、制御系が第1駆動系を制御して、マスクステージと基板ステージとの同期移動制御を行うことにより、本発明の走査露光方法を使用して、マスクに形成されたパターンを、投影光学系を介して前記感応基板上の区画領域に転写する。したがって、本発明の走査露光方法を使用してパターン転写を行うので、大きな合焦駆動能力を前提としない簡易な構成で合焦制御を行いつつ、極端な結像性能の劣化を起こすことなくパターン転写を行うことができる。

## 【0021】

なお、本発明の走査露光装置では、投影光学系(PL)の光軸方向に垂直な仮想面に対する、同期移動の方向及びこの方向の垂直方向に関する基板ステージ(10)の傾きを検出する第2検出系(21B、22B、23B)と;この第2検出系(21B、22B、23B)による検出結果に基づいて、基板ステージ(1

---

0)表面を前記仮想面とほぼ平行に維持する合焦制御の下において、同期移動中における第1検出系(7A、7B)による検出結果データを収集し、該検出結果データに基づいて区画領域の表面状態を求める演算装置(43)とを更に備えることができる。かかる場合には、本発明の走査露光装置は、自らが行う走査露光

前に測定によって、区画領域の表面状態を求めることができる。

【0022】

【発明の実施の形態】

以下、本発明の一実施形態を図1～図9に基づいて説明する。

【0023】

図1には、一実施形態に係るステップ・アンド・スキャン方式の走査型露光装置100の構成が概略的に示されている。

【0024】

この装置100は、図1に示されるように、マスクとしてのレチクルRを保持するマスクステージとしてのレチクルステージ3、投影光学系PL、感応基板としてのウエハW保持する基板ステージとしての基板テーブル10、この基板テーブル10を搭載するXYステージ11、ウエハWの投影光学系PLの光軸方向（Z方向）位置を検出する第1検出系としてのフォーカスセンサ7A、7B、及びこれらを制御する制御系としての主制御系等を備えている。

【0025】

前記レチクルホルダ3上には、レチクルホルダ2を介して、レチクルRが載置される。このレチクルステージ3はレチクルステージ駆動部14によって、レチクルステージガイド4の案内面に沿って同期移動方向（走査方向：図1におけるY方向）に駆動されるようになっている。また、このレチクルステージ3上の走査方向の一端には、移動鏡5が設置されている。この移動鏡5に対向して、当該移動鏡5にレーザ光を照射すると共にその反射光を受光してレチクルステージ3のXY位置を計測するレチクル干渉計13が配置されている。レチクル干渉計13の計測値は主制御系20に入力されており、主制御系20はこのレチクル干渉計13の計測値に基づいてレチクルステージ駆動部14を介してレチクルステージ3の位置及び速度を制御している。

【0026】

前記レチクルR上の照明領域1は図示しない照明光学系からの照明光により、ほぼ均一に照明されており、投影光学系PLを介して、その投影像がウエハW上の照明領域としての露光領域6に形成される。

## 【0027】

前記基板テーブル10上にはウエハホルダ8が載置されており、このウエハホルダ8上で、図示しないバキュームチャックによってウエハWが吸着保持される。この基板テーブル10は、図2に示されるように、第2駆動系としての3つのZ位置駆動部21、22、23にてXYステージ11上に3点で支持されている。これらのZ位置駆動部21、22、23は、基板テーブル10下面のそれぞれのZ位置駆動部の支持点を投影光学系PLの光軸方向（Z方向）に駆動するアクチュエータ21A、22A、23Aと、各Z位置駆動部のZ方向位置を検出するエンコーダ21B、22B、23Bとを含んで構成されている（図5参照）。これらのZ位置駆動部21、22、23の構成は、例えば特開平9-82636号公報に記載されている。

## 【0028】

本実施形態では、基板テーブル10と上述した3つのアクチュエータ21A、22A、23Aとによって、ウエハW表面の光軸方向位置（Z方向位置）及び光軸直交面に対する傾斜を調整する調整手段としてのZレベリングステージ60が構成されている（図2参照）。

## 【0029】

図1に戻り、基板テーブル10が搭載されたXYステージ11は、X軸、Y軸方向にウエハステージ駆動部16によって駆動されるようになっており、これによってウエハWがX、Y 2次元方向に移動するようになっている。なお、レチクルステージ駆動部14とウエハステージ駆動部16とから第1駆動系が構成される。図2に示されるように、基板テーブル10上のX軸方向の一端には、移動鏡12XがY軸方向に延設され、この移動鏡12Xに対向してX軸用ウエハ干渉計15Xが配置されている。同様に、基板テーブル10上のY軸方向の一端には、移動鏡12YがX軸方向に延設され、この移動鏡12Yに対向してY軸用ウエハ干渉計15Yが配置されている。これらのウエハ干渉計15X、15Yによって、基板テーブル10のX、Y 2次元方向の位置が計測されるようになっている。なお、図1では、移動鏡12X、12Yを代表的に移動鏡12として示し、ウエハ干渉計15X、15Yをウエハ干渉計15として示している。ウエハ干渉計1



5の計測値は、主制御系20に入力されており、主制御系20ではこの計測値に基づいてウェハステージ駆動部16を介してXYステージ11の位置及び速度を制御している。露光のための走査時には、主制御系20はレチクルステージ3とXYステージ11とを同期制御する。

#### 【0030】

前記フォーカスセンサ7A、7B（以下、適宜「フォーカスセンサ7」と総称する）は送光系7Aと受光系7Bとから成り、ウェハW表面のZ方向位置を検出する。図3には、このフォーカスセンサ7の検出原理が示されている。図3（A）に示されるように、送光部7Aから射出された光ビームのウェハW表面での反射光の入射位置は、ウェハW表面のZ方向位置に応じて受光部7Bの受光面上で変化し、これに対応して図3（B）に示されるようなSカーブ信号が受光部7Bから出力される。このSカーブ信号に基づいてウェハW表面のZ方向位置が検出される。本実施形態では、フォーカスセンサ7は、図4に示されるように複数の検出点 $7_1 \sim 7_n$ のZ方向位置を検出する複数のセンサから構成されている。なお、これらの複数のセンサは、検出点 $7_1 \sim 7_n$ にそれぞれ一対一に対応しているので、以下では「センサ $7_i$ （ $i=1 \sim n$ ）」とも呼ぶことにする。複数のセンサ $7_1 \sim 7_n$ はウェハW上の露光領域6に投影光学系PLの光軸AXを中心として2次元的に配置されている。複数のセンサ $7_1 \sim 7_n$ により複数のZ方向位置が検出されるため、複数のZ方向位置を用いて最小2乗法等の演算処理により近似平面を求め、この近似平面の傾斜によりウェハW表面（厳密には露光フィールド6）の傾斜角（ $\theta_x$ 、 $\theta_y$ ）もわかる。

#### 【0031】

なお、本実施形態ではウェハW上の露光フィールド6の傾斜角および焦点位置を検出するために複数のセンサ $7_1 \sim 7_n$ を使用するが、複数のセンサの代わりに計測点が1点のAFセンサを使用してもよい。この場合、ウェハWの表面に平行光束を斜めに照射し、その反射光の集光位置の横ずれ量からその表面の傾斜角を検出する平行光束斜入射方式のレベリングセンサを使用する。

#### 【0032】

図1において、主制御系20は、このフォーカスセンサ7による計測値を用い

てZレベリングステージ60（より具体的には、基板テーブル10を駆動するアクチュエータ21A、22A、23A）を制御し、ウエハW表面の位置を制御している。

### 【0033】

前述したアクチュエータ21A、22A、23Aにより駆動される基板テーブル10のそれぞれの支持点のZ方向位置はZ位置駆動部21、22、23に組み込まれたエンコーダ21B、22B、23Bにより計測される。この計測値PZ1、PZ2、PZ3とZ位置駆動部21、22、23のXY2次元座標位置（ $X_1, Y_1$ ）、（ $X_2, Y_2$ ）、（ $X_3, Y_3$ ）とを用いて基板テーブル10の位置は次の（1）式にて定義される。

### 【0034】

【数1】

$$\begin{bmatrix} \theta_x \\ \theta_y \\ Z \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_1 & Y_1 & 1 \\ X_2 & Y_2 & 1 \\ X_3 & Y_3 & 1 \end{bmatrix}^{-1} \cdot \begin{bmatrix} PZ1 \\ PZ2 \\ PZ3 \end{bmatrix} \dots\dots (1)$$

### 【0035】

ここで、 $\theta_x$  : X方向の傾斜（Y軸回りの傾斜）

$\theta_y$  : Y方向の傾斜（X軸回りの傾斜）

Z : Z方向位置

である。なお、フォーカスセンサ7によるウエハW表面の座標系と、エンコーダ21B、22B、23Bによる基板テーブル10の位置の座標系はあらかじめキャリブレーションすることにより、その原点とスケールを一致させている。

### 【0036】

図5には、本実施形態におけるフォーカス制御に関する構成が示されている。このフォーカス制御系は、図5に示されるように、制御モード決定部41、目標値出力部25、最小2乗法近似部27、制御条件判定部28、非干渉化器29、座標変換部30、コントローラ31、マルチプレクサ32、3つの減算器33A

～33C、及び卓越波長演算部43等を有する。各部について、詳細に説明すると、前記制御モード決定部41は、これから行う露光にあたって参照すべき卓越波長データ $\lambda_0$ が記憶装置19に記憶されている場合にはモード指示信号MD0として「0」を、また、参照すべき卓越波長データ $\lambda_0$ が記憶装置19に記憶されていない場合にはモード指示信号MD0として「1」を目標値出力部25及び制御条件判定部28へ向けて出力する。更に制御モード決定部41は、記憶装置19に記憶された卓越波長データ $\lambda_0$ と入出力装置18から入力された露光領域6のY方向に関する幅データ $L_0$ とに基づいて、

$$\lambda_0 \geq L_0$$

の場合には、モード指示信号MD1として「0」を、また、

$$\lambda_0 < L_0$$

の場合には、モード指示信号MD1として「1」を目標値出力部25及び制御条件判定部28へ向けて出力する。なお、露光領域6のY方向に関する幅 $L_0$ データについては、入出力装置18から入力された後に記憶装置19に記憶し、再度入出力装置18から入力されるまでは、記憶装置19に記憶されたデータを使用するようにしてもよい。

【0037】

前記目標値出力部25は、Z方向位置の第1の目標値 $z'$ 、X方向の傾斜（Y軸回りの傾斜（Y軸回りの傾斜）の第1の目標値 $\theta_X'$ 、Y方向の傾斜（X軸回りの傾斜）の第1の目標値 $\theta_Y'$ を制御条件判定部28へ向けて常時送出する。また、この目標値出力部25は、モード指示信号（MD0、MD1）として（0，0）を入力した場合には、コントローラ31の位置制御の目標値としてZ方向位置の第1の目標値 $z'$ を出力すると共に、制御条件判定部28による後述する制御条件の判定結果に応じて、X方向の傾斜（Y軸回りの傾斜）の第1の目標値 $\theta_X'$ 又は第2の目標値 $\Theta_X'$ をコントローラ31の位置制御の目標値として出力し、Y方向の傾斜（X軸回りの傾斜）の第1の目標値 $\theta_Y'$ 又は第2の目標値 $\Theta_Y'$ をコントローラ31の位置制御の目標値として出力する。ここで、Z方向位置の第1の目標値 $z'$ 、X方向の傾斜（Y軸回りの傾斜）の第1の目標値 $\theta_X'$ 及びY方向の傾斜（X軸回りの傾斜）の第1の目標値 $\theta_Y'$ とは、投影光学系

PLの結像面を予め試し焼き等によりキャリブレーションして得たフォーカス制御の本来の目標値である。また、第2の目標値 $\Theta_X'$ 、 $\Theta_Y'$ とは、X方向の傾斜（Y軸回りの傾斜）、Y方向の傾斜（X軸回りの傾斜）を維持するために設定される便宜上の目標値である。

## 【0038】

また、目標値出力部25は、モード指示信号(MD0, MD1)として(0, 1)を入力した場合には、コントローラ31の位置制御の目標値としてZ方向位置の第1の目標値 $z'$ を出力すると共に、制御条件判定部28による後述する制御条件の判定結果に応じて、X方向の傾斜（Y軸回りの傾斜）の第1の目標値 $\theta_X'$ 又は第2の目標値 $\Theta_X'$ をコントローラ31の位置制御の目標値として出力し、Y方向の傾斜（X軸回りの傾斜）の第2の目標値 $\Theta_Y'$ をコントローラ31の位置制御の目標値として出力する。

## 【0039】

なお、以上のように、モード指示信号MD0が「0」の場合には、後述するように、第2の目標位置 $\Theta_X'$ 、 $\Theta_Y'$ として、制御モードを切り換える直前の基板テーブル10の傾斜が用いられる。

## 【0040】

また、目標値出力部25は、モード指示信号(MD0, MD1)として(1, 0)を入力した場合には、コントローラ31の位置制御の目標値としてZ方向位置の第2の目標値 $z'$ を出力すると共に、X方向の傾斜（Y軸回りの傾斜）の第2の目標値 $\Theta_X'$ をコントローラ31の位置制御の目標値として出力し、Y方向の傾斜（X軸回りの傾斜）の第2の目標値 $\Theta_Y'$ をコントローラ31の位置制御の目標値として出力する。

## 【0041】

なお、以上のように、モード指示信号MD0が「1」の場合には、第2の目標位置 $z'$ 、 $\Theta_X'$ 、 $\Theta_Y'$ として、基板テーブル10が水平面となる一定値が用いられる。

## 【0042】

前記最小2乗法近似部27は、フォーカスセンサ7を構成する個々のセンサ7

$1 \sim 7_n$  が検出するウエハW表面のZ方向位置の検出信号を、いわゆる最小2乗法を用いて平面近似することで、ウエハW表面の投影光学系PLの光軸AX上のZ方向位置 $z$ 、X方向の傾斜(Y軸回りの傾斜) $\theta_X$ 、Y方向の傾斜(X軸回りの傾斜) $\theta_Y$ の3成分を求める。

## 【0043】

前記制御条件判定部28は、図6に示されるように、目標値出力部25からの目標値 $z'$ 、 $\theta_X'$ 、 $\theta_Y'$ と最小2乗法近似部27からの現在値情報 $z$ 、 $\theta_X$ 、 $\theta_Y$ との差である偏差( $\Delta\theta_X$ 、 $\Delta\theta_Y$ 、 $\Delta_Z$ )をそれぞれ演算する減算器35X、35Y、35Zと、偏差( $\Delta\theta_X$ 、 $\Delta\theta_Y$ 、 $\Delta_Z$ )及びモード指示信号MD1の値に基づいて、後述する制御条件の判定演算を行なう判定演算部36と、この判定演算部36からの出力とモード指示信号(MD0、MD1)とに基づいて、制御指示信号 $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$ を出力する論理演算回路ANDX、ANDY、INVZとを備える。制御指示信号 $SL_X$ 、 $SL_Y$ は目標値出力部25及びマルチプレクサ32へ向けて出力され、制御指示信号 $SL_Z$ はマルチプレクサ32へ向けて出力される。

## 【0044】

ここで、論理演算器ANDXからは、モード指示信号MD0が「0」の場合には、判定演算部36から出力された演算結果 $SL_X'$ が制御指示信号 $SL_X$ として出力され、モード指示信号MD0が「1」の場合には、制御指示信号 $SL_X$ として「0」が出力される。また、論理演算器ANDYからは、モード指示信号(MD0、MD1)が(0、0)の場合には、判定演算部36から出力された演算結果 $SL_Y'$ が制御指示信号 $SL_Y$ として出力され、モード指示信号MD0が(MD0、MD1)が(0、0)以外の場合には、制御指示信号 $SL_Y$ として「0」が出力される。また、論理演算器INVZからは、モード指示信号MD0の反転信号が $SL_Z$ として出力される。

## 【0045】

なお、制御条件判定部28の構成にあたり、図6では、制御指示信号 $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$ の出力の最終段に論理演算回路ANDX、ANDY、INVZを配置したが、例えば、判定演算部36に偏差( $\Delta\theta_X$ 、 $\Delta\theta_Y$ 、 $\Delta_Z$ )及びモー

ド指示信号(MD0, MD1)を入力し、これらの入力に基づいて、判定演算部36が上記の制御指示信号 $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$ と同様の出力値となるような演算を行う構成とすることも可能である。

【0046】

前記座標変換部30は、3つのZ位置駆動部21、22、23に組み込まれたエンコーダ21B、22B、23Bの計測値 $PZ_1$ 、 $PZ_2$ 、 $PZ_3$ を式(1)に従ってZ方向位置 $Z$ 、X方向の傾斜(Y軸回りの傾斜) $\Theta_X$ 、Y方向の傾斜(X軸回りの傾斜) $\Theta_Y$ に座標変換し、マルチプレクサ32及び目標値出力部25へ向けて出力する。

【0047】

前記減算器33A、33B、33Cは、目標値出力部25からの目標値 $z'$ (又は $Z'$ )と現在値 $z$ (又は $Z$ )との差であるZ方向位置偏差 $\Delta_{ZZ}$ 、目標値出力部25からの目標値 $\theta_X'$ (又は $\Theta_X'$ )とマルチプレクサ32から出力される現在値 $\theta_X$ (又は $\Theta_X$ )との差であるX方向の傾斜(Y軸回りの傾斜)偏差 $\Delta\theta_{XX}$ 、目標値 $\theta_Y'$ (又は $\Theta_Y'$ )と現在値 $\theta_Y$ (又は $\Theta_Y$ )との差であるY方向の傾斜(X軸回りの傾斜)偏差 $\Delta\theta_{YY}$ を、それぞれ求める。

【0048】

前記コントローラ31は、位置制御ループのコントローラであり、上記Z方向位置偏差 $\Delta_{ZZ}$ 、X方向の傾斜偏差 $\Delta\theta_{XX}$ 、Y方向の傾斜偏差 $\Delta\theta_{YY}$ を動作信号としてP動作、PI動作若しくはPID動作を行ういわゆるPID制御器を含んで構成されている。このコントローラ31は、偏差 $\Delta_{ZZ}$ 、 $\Delta\theta_{XX}$ 、 $\Delta\theta_{YY}$ にゲインをかけたものをアクチュエータ21A、22A、23Aへ速度指令として与える。

【0049】

前記非干渉化器29は、線形性に依存するものではあるが、これをサーボループ内に挿入することにより、Z方向及びXY軸回りの傾斜方向の3成分が独立に制御できるようになっている。この非干渉化器29は、X及びY軸回りの傾斜とZ方向の3成分で与えられた速度指令を各Z位置駆動部の現在位置のXY2次元座標値に基づいて配分するための非干渉化演算を行って、その演算結果を実際に

アクチュエータ 21A、22A、23A へ出力している。

【0050】

前記マルチプレクサ 32 は、制御条件判定部 28 からの制御条件指示信号  $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$  に応じて、最小 2 乗法近似部 27 からの現在値の 3 成分 ( $z$ 、 $\theta_X$ 、 $\theta_Y$ ) 又は座標変換部 30 からの現在値の 3 成分 ( $Z$ 、 $\Theta_X$ 、 $\Theta_Y$ ) のいずれかをそれぞれ出力する。なお、マルチプレクサ 32 では、制御条件指示信号  $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$  それぞれの値が、「1」の場合には、最小 2 乗法近似部 27 からの現在値を出力し、一方、制御条件指示信号  $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$  それぞれの値が、「0」の場合には、座標変換部 30 からの現在値を出力する。

【0051】

以上の構成により、モード指示信号 ( $MD0$ 、 $MD1$ ) が (0, 0) のときに、最小 2 乗法近似部 27 からの現在値の 3 成分 ( $z$ 、 $\theta_X$ 、 $\theta_Y$ ) の同期移動中における変化に極力追従する合焦制御の第 1 モードで合焦制御が行われる。また、フォーカス制御系は、モード指示信号 ( $MD0$ 、 $MD1$ ) が (0, 1) のときに、最小 2 乗法近似部 27 からの現在値の 2 成分 ( $z$ 、 $\theta_X$ ) の同期移動中における変化に極力追従し、成分 ( $\theta_Y$ ) の変化には追従しない合焦制御の第 2 モードで合焦制御が行われる。さらに、フォーカス制御系は、モード指示信号 ( $MD0$ 、 $MD1$ ) が (1, 0) のときに、最小 2 乗法近似部 27 からの現在値の 3 成分 ( $z$ 、 $\theta_X$ 、 $\theta_Y$ ) の同期移動中における変化には追従しない合焦制御の第 3 モードで合焦制御が行われる。

【0052】

前記 3 軸のアクチュエータ (21A~23A) は、速度マイナーループ (電流マイナーループ) を持ち、与えられた速度指令に対して内蔵された速度検出器 (タコジェネレータ) を使用してサーボをかけ追従させている。すなわち、Z 位置駆動部 21、22、23 はアクチュエータ 21A、22A、23A に内蔵されたタコジェネレータを速度センサとした速度ループで制御されたサブユニットとして構成されており、外部から速度指令を与えるとそれに追従する動きをするようになっている。

【0053】

前記卓越波長演算部43は、ウエハ干渉計15による基板テーブル10のXY位置とフォーカスセンサ7によるウエハWの表面のZ方向位置とを対応させたデータ $DT_1 \sim DT_n$ とを収集し、収集したデータに基づいて、卓越波長 $\lambda_0$ を求め、記憶装置19に格納する。

【0054】

次に、図7～図9を参照して、本実施形態における走査露光動作を説明する。

【0055】

まず、図7のステップ101において、不図示のウエハローダによって、露光対象となるウエハWを基板テーブル10にロードする。引き続き、ステップ103において、ウエハWのパターン形成の履歴、レジスト剤の種類等を含む露光条件の観点から初めてのプロセスであるか、すなわち、これから行おうとしている露光にあたって、ウエハWのショット領域の表面状態に関する卓越周波数 $\lambda_0$ が記憶装置19に既に記憶されているか否かを主制御系20が判断する。ステップ103において、初めてのプロセスであると判断された場合には、ステップ105に移り、制御モード決定部41がモード指示信号(MD0, MD1)として(1, 0)を出力し、合焦制御モードを第3モードに設定する。そして、これを入力した目標値出力部25が目標位置 $Z'$ 、 $\Theta_X'$ 、 $\Theta_Y'$ として、基板テーブル10の表面が水平面となる一定値を減算器33A、33B、33Cへ向けて出力する。また、制御条件判定部28は、制御条件信号( $SL_X$ ,  $SL_Y$ ,  $SL_Z$ )として(0, 0, 0)を出力し、これを受けたマルチプレクサ32は、座標変換部30からの現在値の3成分( $Z$ 、 $\Theta_X$ 、 $\Theta_Y$ )を出力する。この結果、以後、基板テーブル10の表面がほぼ水平面となるように合焦制御が行われる。

【0056】

次に、ステップ107において、卓越周波数 $\lambda_0$ の測定が行われる。この測定では、主制御系20が、合焦制御モードを第3モードとしたまま、すなわち基板テーブル10の表面をほぼ水平面に維持しながら、ウエハステージ駆動部16を介して、基板テーブル10を同期移動方向(+Y方向又は-Y方向)へ1つのショット領域分について移動させる。本実施形態では、この移動を、主制御系20が、不図示の照明系に対して露光用の照明光を出射しないように指示することを



除いて、走査露光の際における同期移動と同様の移動制御をすることによって行う。なお、上記の移動を、走査露光の際における同期移動と異なる移動態様とすることも可能である。

#### 【0057】

この移動中に、演算装置としての卓越波長演算部43が、ウェハ干渉計15による基板テーブル10のXY位置とフォーカスセンサ7によるウェハWの表面のZ方向位置とを対応させたデータとを収集する。そして、卓越波長演算部43は、収集したデータに基づいて、同期移動方向に関する空間周波数解析を行い、同期移動方向におけるショット領域の凹凸に関する空間周波数分布を求める。図8には、こうして求められた空間周波数分布の例が示されている。そして、この空間周波数分布において振幅が最大となる卓越周波数に応じた卓越波長 $\lambda_0$ を求める(図8参照)。卓越波長演算部43は、こうして求めたその卓越波長 $\lambda_0$ をプロセス条件とともに記憶装置に格納する。

#### 【0058】

こうして、卓越波長 $\lambda_0$ の測定を完了すると、ステップ109へ移る。なお、上述のステップ103において、初めてのプロセスではないと判断された場合には、ステップ105及びステップ107を介さずに直接ステップ109へ移る。

#### 【0059】

ステップ109においては、制御モード決定部41が記憶装置19に記憶された卓越波長 $\lambda_0$ と入出力装置18から入力された露光領域6のY方向に関する幅 $L_0$ とを大小比較する。この比較の結果、

$$\lambda_0 \geq L_0$$

の場合には、ステップ111において、制御モード決定部41が、これから行われる露光における合焦制御モードを第1モードと決定し、モード指示信号(MD0, MD1)として(0, 0)を出力する。

#### 【0060】

そして、ステップ113において、主制御系20が、第1モードで合焦制御しつつ、レチクルRとウェハWとを同期移動させ、レチクルRに形成されたパターンをウェハW上の各ショット領域に順次転写する。

## 【0061】

ここで、第1モードによる合焦制御では、基本的には、最小2乗法近似部27からの現在値の3成分( $z$ 、 $\theta_X$ 、 $\theta_Y$ )の同期移動中における変化に追従する合焦制御を行うが、本実施形態では、アクチュエータ21A、22A、23Aの駆動能力(駆動速度)限界を考慮して、例えば特開平9-82636号公報に記載されている合焦制御を行っている。

## 【0062】

この合焦制御を要約して説明すると、同期移動中に、制御条件判定部28が、追従制御目標値を( $z'$ 、 $\theta_X'$ 、 $\theta_Y'$ )とし、追従制御現在値を( $z$ 、 $\theta_X$ 、 $\theta_Y$ )とする条件(第1制御条件)で合焦制御を行うと、非干渉化器29から出力される速度指令値 $V_{z1}$ 、 $V_{z2}$ 、 $V_{z3}$ のいずれかがアクチュエータ21A、22A、23Aの駆動速度の最大値 $V_{MAX}$ を超えない(第1条件)か否かを判定する。これが肯定的に判定されると、制御条件指示信号( $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$ )として(1, 1, 1)を出力する。そして、目標値出力部25は合焦制御の目標値として( $z'$ 、 $\theta_X'$ 、 $\theta_Y'$ )を減算器33A、33B、33Cへ向けて出力し、また、マルチプレクサ32は、最小2乗法近似部27からの現在値の3成分( $z$ 、 $\theta_X$ 、 $\theta_Y$ )を減算器33A、33B、33Cへ向けて出力する。この結果、第1制御条件、すなわち、最小2乗法近似部27からの現在値の3成分( $z$ 、 $\theta_X$ 、 $\theta_Y$ )の同期移動中における変化に追従する条件で合焦制御が行われる。

## 【0063】

第1条件が否定的に判定されると、制御条件判定部28は、追従制御目標値を( $z'$ 、 $\theta_X'$ )とし、追従制御現在値を( $z$ 、 $\theta_X$ )とする条件(第2制御条件)で合焦制御を行うと、非干渉化器29から出力される速度指令値 $V_{z1}$ 、 $V_{z2}$ 、 $V_{z3}$ のいずれかがアクチュエータ21A、22A、23Aの駆動速度の最大値 $V_{MAX}$ を超えない(第2条件)か否かを判断する。これが肯定的に判定された場合には、制御条件判定部28は、制御条件指示信号( $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$ )として(1, 0, 1)を出力する。そして、目標値出力部25は合焦制御の目標値として( $z'$ 、 $\theta_X'$ 、 $\theta_Y'$ )を減算器33A、33B、33Cへ向けて出力

し、また、マルチプレクサ 32 は、現在値の 3 成分として ( $z$ 、 $\theta_X$ 、 $\Theta_Y$ ) を減算器 33A、33B、33C へ向けて出力する。ここで、目標値出力部 25 は、目標値 ( $\Theta_Y'$ ) として、制御を切り換える直前の基板テーブル 10 の Y 軸方向の傾きを出力する。この結果、第 2 制御条件、すなわち、最小 2 乗法近似部 27 からの現在値の 2 成分 ( $z$ 、 $\theta_X$ ) の同期移動中における変化に追従する条件で合焦制御が行われる。

## 【0064】

第 2 条件が否定的に判定されると、制御条件判定部 28 は、追従制御目標値を ( $z'$ 、 $\theta_Y'$ ) とし、追従制御現在値を ( $z$ 、 $\theta_Y$ ) とする条件 (第 3 制御条件) で合焦制御を行うと、非干渉化器 29 から出力される速度指令値  $V_{z1}$ 、 $V_{z2}$ 、 $V_{z3}$  のいずれかがアクチュエータ 21A、22A、23A の駆動速度の最大値  $V_{MAX}$  を超えない (第 3 条件) か否かを判断する。これが肯定的に判定された場合には、制御条件判定部 28 は、制御条件指示信号 ( $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$ ) として (0, 1, 1) を出力する。そして、目標値出力部 25 は合焦制御の目標値として ( $z'$ 、 $\Theta_X'$ 、 $\theta_Y'$ ) を減算器 33A、33B、33C へ向けて出力し、また、マルチプレクサ 32 は、現在値として ( $z$ 、 $\Theta_X$ 、 $\theta_Y$ ) を減算器 33A、33B、33C へ向けて出力する。ここで、目標値出力部 25 は、目標値 ( $\Theta_X'$ ) として、制御を切り換える直前の基板テーブル 10 の X 軸方向の傾きを出力する。この結果、第 3 制御条件、すなわち、最小 2 乗法近似部 27 からの現在値の 2 成分 ( $z$ 、 $\theta_Y$ ) の同期移動中における変化に追従する条件で合焦制御が行われる。

## 【0065】

第 3 条件が否定的に判定されると、制御条件判定部 28 は、制御条件指示信号 ( $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$ ) として (0, 0, 1) を出力する。そして、目標値出力部 25 は合焦制御の目標値として ( $z'$ 、 $\Theta_X'$ 、 $\Theta_Y'$ ) を、また、マルチプレクサ 32 は、現在値として ( $z$ 、 $\Theta_X$ 、 $\Theta_Y$ ) を減算器 33A、33B、33C へ向けて出力する。ここで、目標値出力部 25 は、目標値 ( $\Theta_X'$ 、 $\Theta_Y'$ ) として、制御を切り換える直前の基板テーブル 10 の X 軸方向及び Y 軸方向の傾きを出力する。この結果、XY 軸回りの傾斜の姿勢は、ウエハ表面の状態に

よらず、制御を切り換える直前の姿勢を保持する第4制御条件による合焦制御が行われる。

【0066】

一方、ステップ109において、

$$\lambda_0 < L_0$$

と判断された場合には、ステップ115において、制御モード決定部41が、これから行われる露光における合焦制御モードを第2モードと決定し、モード指示信号(MD0, MD1)として(0, 1)を出力する。

【0067】

そして、ステップ113において、基本的には、主制御系20が、第2モードで合焦制御しつつ、レチクルRとウエハWとを同期移動させ、レチクルRに形成されたパターンをウエハW上の各ショット領域に順次転写する。

【0068】

ここで、第2モードによる合焦制御においては、第1モードの場合と同様に、最小2乗法近似部27からの現在値の2成分( $z$ 、 $\theta_X$ )の同期移動中における変化に追従する合焦制御を行うが、第1モードの場合と同様に、本実施形態では、アクチュエータ21A、22A、23Aの駆動能力(駆動速度)限界を考慮して合焦制御を行っている。

【0069】

すなわち、同期移動中に、制御条件判定部28が、追従制御目標値を( $z'$ 、 $\theta_X'$ )とし、追従制御現在値を( $z$ 、 $\theta_X$ )とする条件(前記第2制御条件)で合焦制御を行うと、非干渉化器29から出力される速度指令値 $V_{z1}$ 、 $V_{z2}$ 、 $V_{z3}$ のいずれかがアクチュエータ21A、22A、23Aの駆動速度の最大値 $V_{MA_X}$ を超えない(前記第2条件)か否かを判定する。これが肯定的に判定されると、制御条件指示信号( $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$ )として(1, 0, 1)を出力する。この結果、第2制御条件で合焦制御が行われる。

【0070】

第2条件が否定的に判定されると、制御条件判定部28は、制御条件判定部28は、制御条件指示信号( $SL_X$ 、 $SL_Y$ 、 $SL_Z$ )として(0, 0, 1)を出

力する。この結果、前記第4制御条件によって合焦制御が行われる。

#### 【0071】

以上のように、ステップ113においては、合焦制御モードが第1モードあるいは第2モードの場合に、装置の能力から見て、レベリング追従可能な範囲で合焦制御を行うことで、露光領域全体に対するデフォーカスを制御し、投影光学系のもつ焦点深度を最大限に発揮させながら走査露光を行う。そして、装置の能力ではレベリング追従不可能な場合にも、制御に大きく破綻をきたし致命的なデフォーカスを生ずることのない合焦制御を行いながら走査露光を行う。こうして、ウエハW上の各ショット領域のそれぞれに、レチクルに形成されたパターンが転写される。

#### 【0072】

こうして、ステップ113において、ウエハWにパターン転写が完了すると、ステップ101に移る。そして、次のウエハに関する露光動作を上記と同様にして行う。

#### 【0073】

以上、説明したように、本実施形態では、区画領域としてのショット領域の表面状態として、ショット領域内の凹凸の同期移動方向に関する空間周波数分布における卓越波長が、ウエハW上の露光領域のスリット幅以上の場合には、ウエハの同期移動に追従して、ウエハの同期移動方向に関するレベリング制御を含めた合焦制御を行う。また、卓越波長がウエハW上の露光領域のスリット幅未満の場合には、ウエハの同期移動に追従して、ウエハの同期移動方向に関するレベリング制御以外の合焦制御を行う。したがって、大きな合焦駆動能力を前提としない簡易な構成で合焦制御を行いつつ、極端な結像性能の劣化を起こすことなくパターン転写を行うことができる。

#### 【0074】

また、本実施形態の走査型露光装置では、基板テーブルの水平面に対する傾きを検出し、この検出結果に基づいて、基板テーブルをほぼ水平面に維持しつつ、同期移動と同様の態様による基板テーブルの移動中におけるフォーカス検出系による検出結果データを収集し、このデータに基づいてショット領域の卓越波長を

求めている。したがって、卓越波長の測定用センサと、同期移動時のフォーカス位置測定用のセンサが同一となるので、センサの機差の補正等が不要となる。

【0075】

また、本実施形態では、ウエハWのパターン形成の履歴、レジスト剤の種類等を含む露光条件の観点から初めてのプロセスと判断される場合に、卓越波長の測定を行い、同一プロセスによるパターン転写の場合には、既に測定した卓越波長を使用するので、高いスループットを保つことができる。

【0076】

なお、卓越波長の測定を、同一プロセスによるパターン転写を行うロットの先頭で行うことにしてもよい。この場合にも、ロット毎に1回のウエハ毎に卓越波長を測定しないので、高いスループットを保つことができる。

【0077】

また、卓越波長を露光前の測定によって求めずに、精度は犠牲となるが、そのウエハWに関するそれまでのリソグラフィ工程から計算によって求めることも可能である。係る場合には、測定時間が無くなるので、高いスループットを実現できる。

【0078】

また、本実施形態では、卓越波長とウエハ上の露光領域の同域移動方向に関するスリット幅とを大小比較したが、レジスト剤の特性や転写するパターンの最小線幅に応じて、卓越波長と上記スリット幅の定数K倍（この定数Kは、レジスト剤の特性や転写するパターンの最小線幅に応じて、実験によって求める）とを大小比較してもよい。この場合には、露光プロセスに応じた最適な合焦制御を行うことができる。

【0079】

また、本実施形態では、ウエハ上に、同一条件の露光を行うショット領域が複数形成されている場合に、そのうちの1つのショット領域について卓越波長を測定しているので、この測定により、露光動作のスループットを低下させることはない。

【0080】

なお、1つのショット領域中に複数のチップパターンが形成される場合には、1つのチップパターンについて、区間周波数分布を測定し、卓越波長を求めることにしてもよい。

#### 【0081】

また、本実施形態では、卓越波長の測定にあたって、基板テーブルを水平として基板テーブルを移動しつつ、検出点のZ方向位置を測定したが、基板テーブルの水平面に対する傾きを一定として、基板テーブルを移動しつつ、基板上の検出点のZ方向位置を測定してもよい。この場合には、XY面内における収集したZ方向位置データ分布から1次成分を除く処理を行った後、本実施形態と同様に処理することにより、本実施形態と同様に卓越周波数を求めることができる。

#### 【0082】

##### 【発明の効果】

以上詳細に説明したように、本発明の走査露光方法によれば、区画領域の表面状態と感応基板上の照明領域の形状とに応じて、感応基板の合焦制御を適正化されたモードで行なうので、大きな合焦駆動能力を前提とせずに、極端な結像性能の劣化を起こすこと無く、マスクに形成されたパターンを感応基板に転写することができる。

#### 【0083】

また、本発明の走査型露光装置によれば、本発明の走査露光方法を使用してパターン転写を行うので、大きな合焦駆動能力を前提としない簡易な構成で合焦制御を行いつつ、極端な結像性能の劣化を起こすこと無くパターン転写を行うことができる。

##### 【図面の簡単な説明】

#### 【図1】

一実施形態に係る走査型露光装置を示す概略構成図である。

#### 【図2】

図1の基板テーブル及びその駆動機構の詳細を示す斜視図である。

#### 【図3】

図1のフォーカスセンサの検出原理を説明するための図である（A、B）。

【図4】

図1のフォーカスセンサを構成する個々のセンサの検出点を示す図である。

【図5】

図1の装置のフォーカス制御系の構成を示すブロック図である。

【図6】

図5の制御条件決定部の構成を示すブロック図である。

【図7】

図1の装置による露光動作を説明するためのフローチャートである。

【図8】

空間周波数分布及び卓越波長の測定結果の例を示す図である（A、B）

【図9】

図1の装置を使用した露光による、ウエハ上の1点におけるデフォーカス量を説明するための図である（A、B）。

【符号の説明】

3…レチクルステージ（マスクステージ）、7…フォーカスセンサ（第1検出系）、10…基板テーブル（基板ステージ）、14…レチクル駆動部（第1駆動系の一部）、16…ウエハ駆動部（第1駆動系の一部）、19…記憶装置、20…主制御系、21A、22A、23A…アクチュエータ（第2駆動系）、21B、22B、23B…エンコーダ（第2駆動系）、43…卓越波長演算部（演算装置）、R…レチクル（マスク）、W…ウエハ（感応基板）、PL…投影光学系。

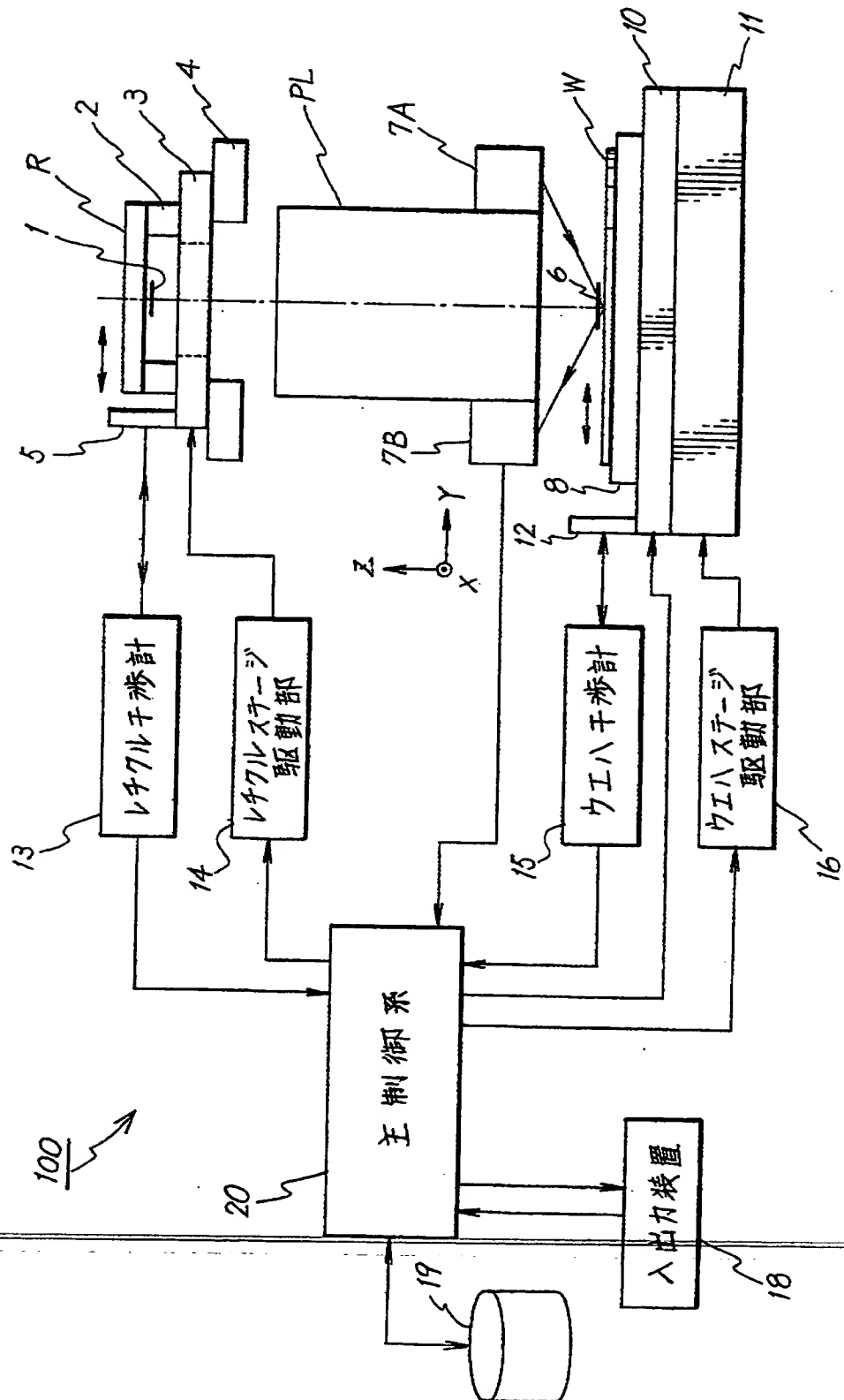


特平10-197977

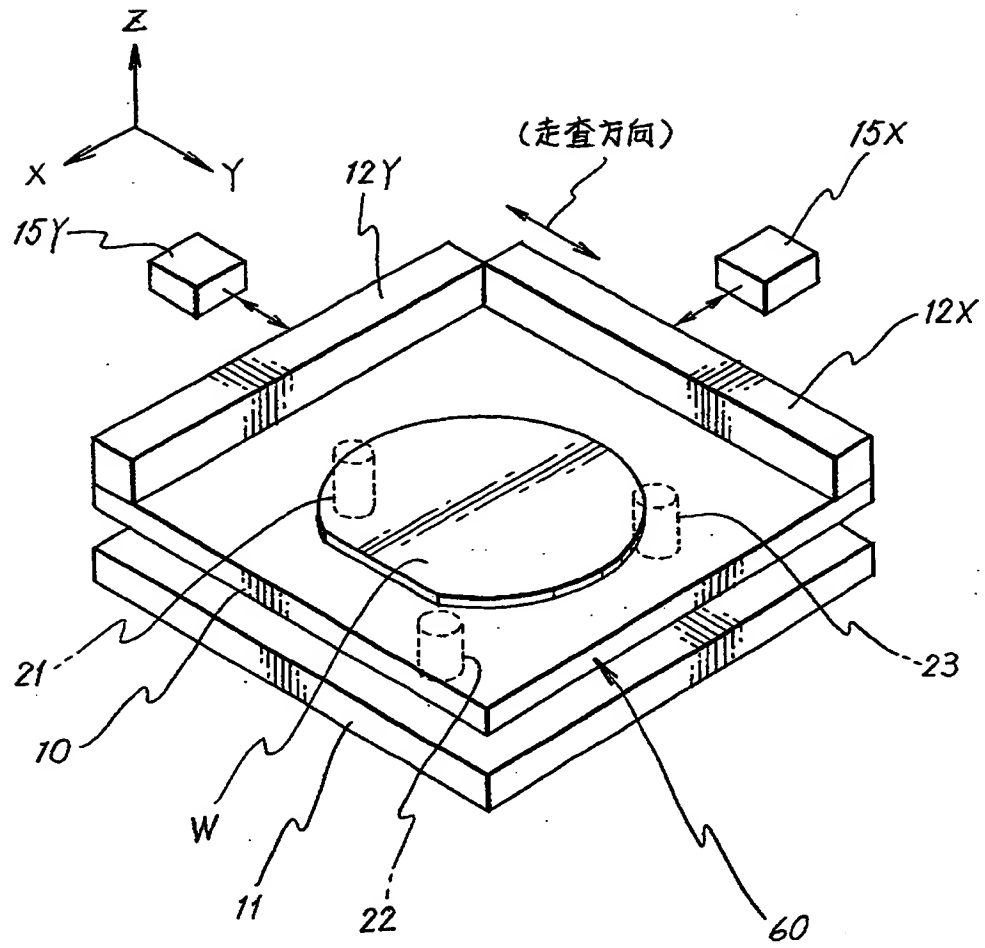
【書類名】

図面

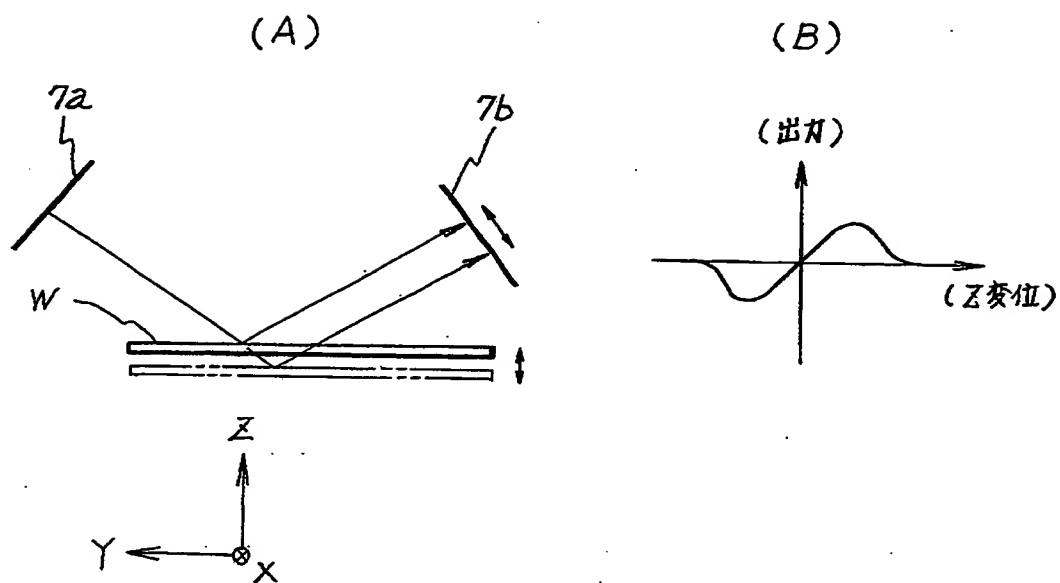
【図1】



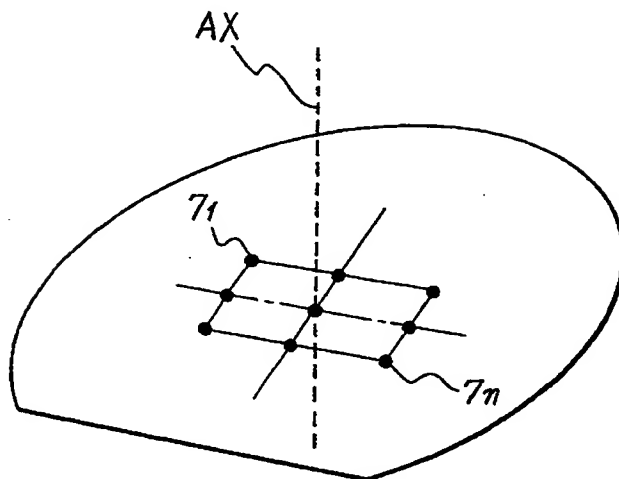
【図 2】



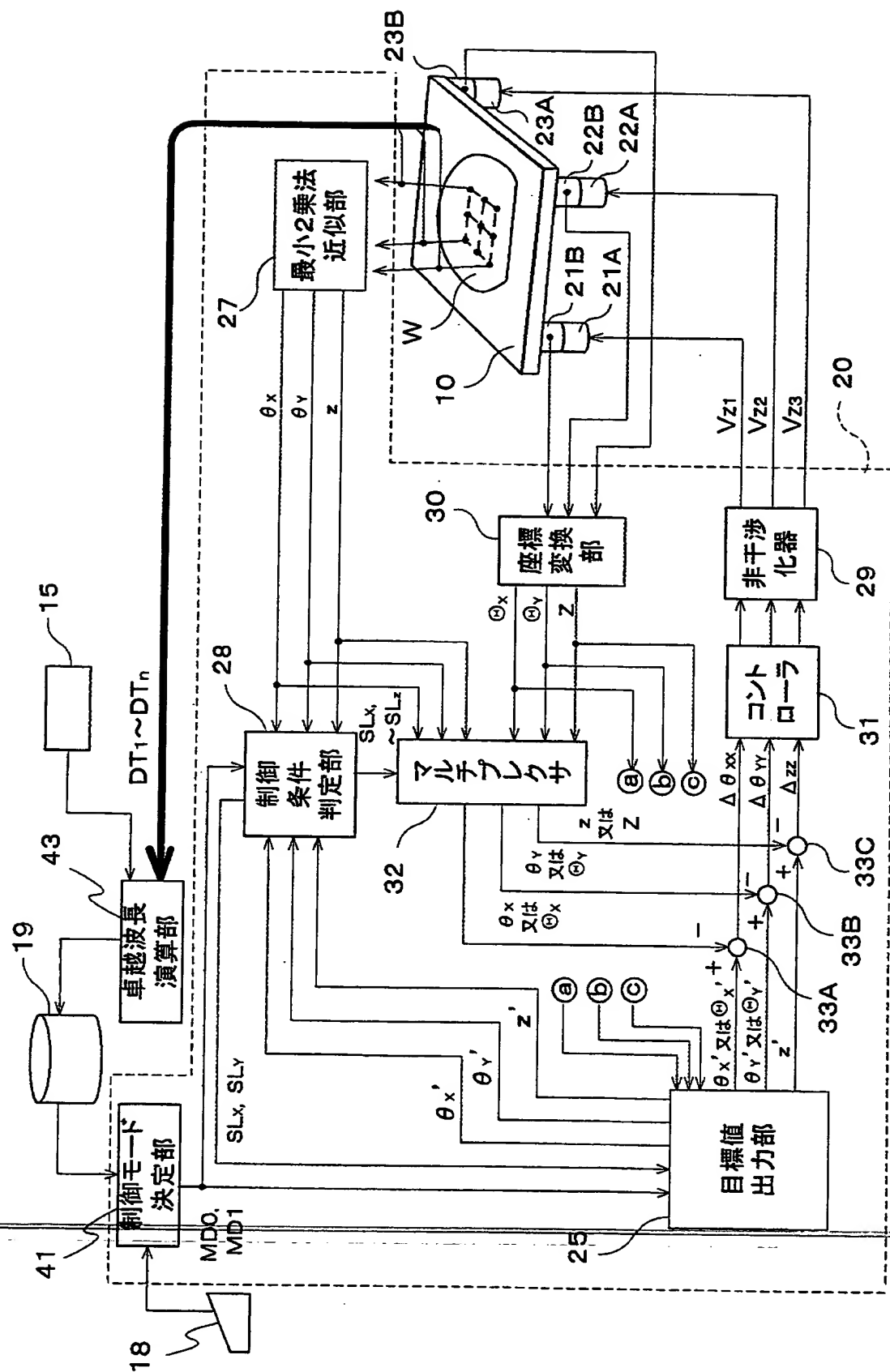
【図 3】



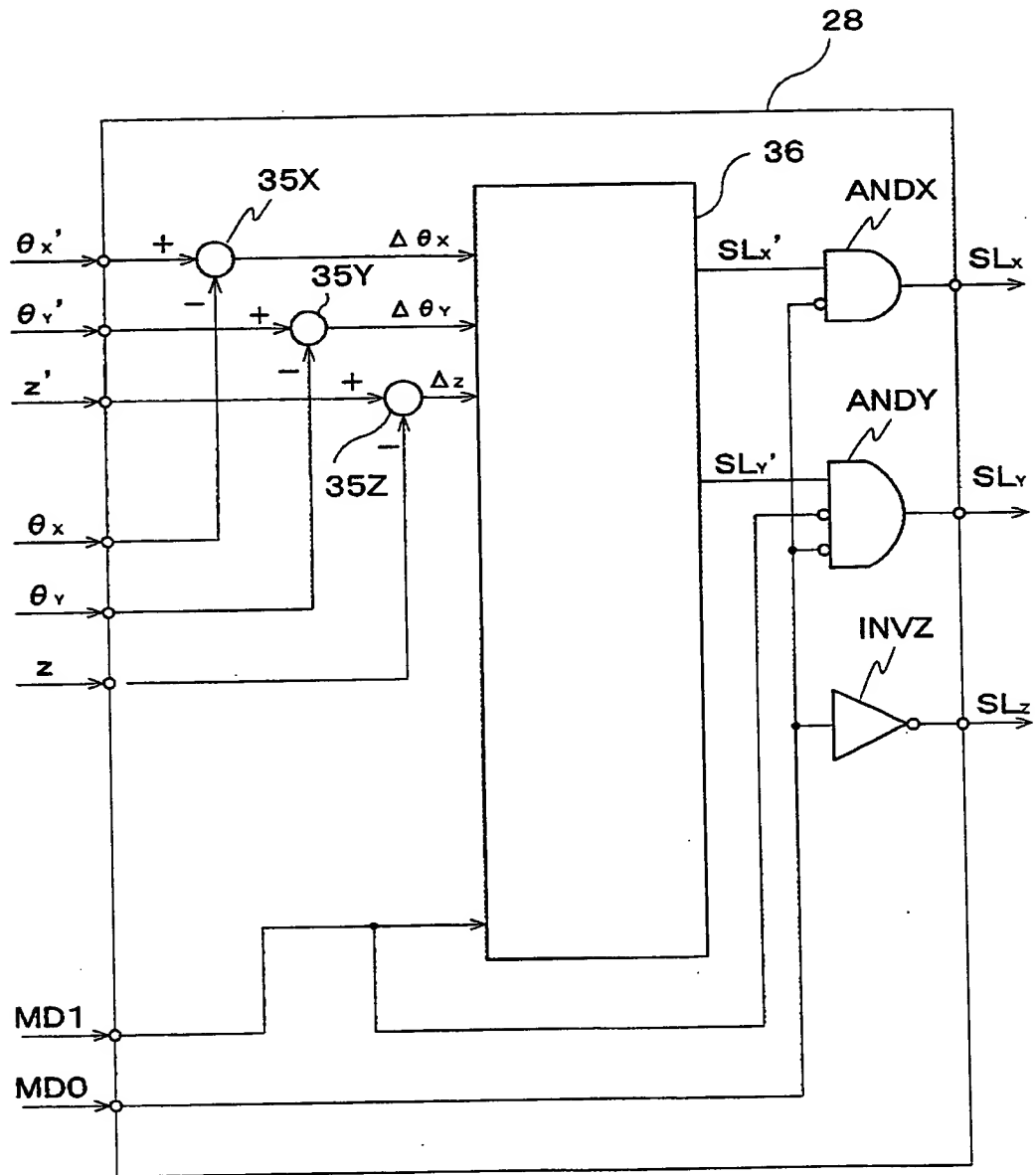
【図 4】



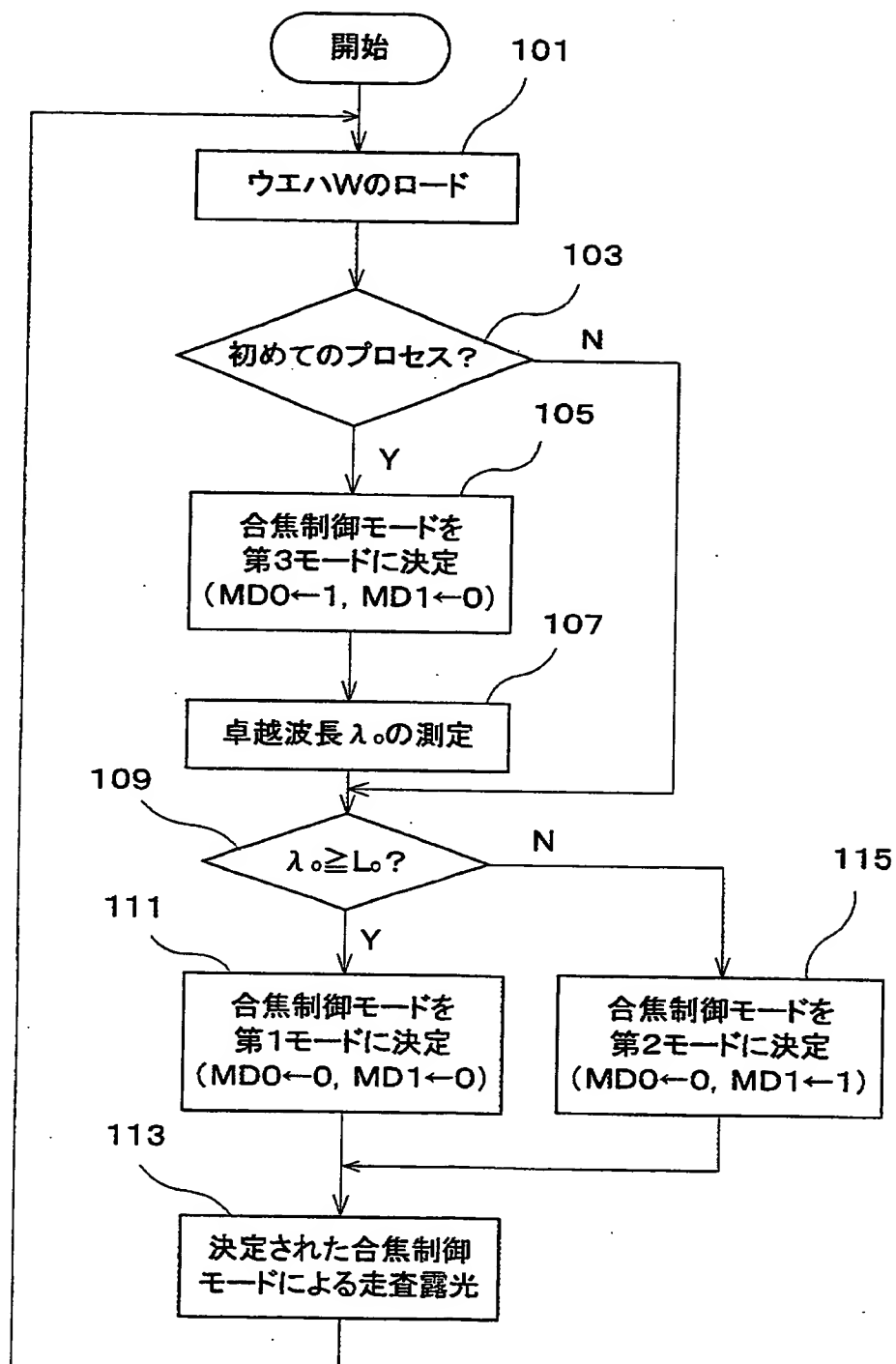
【図 5】



【図6】



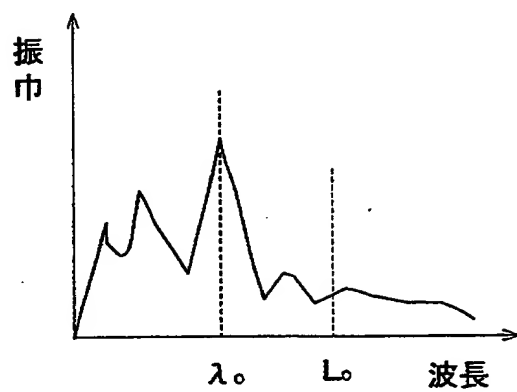
【図 7】



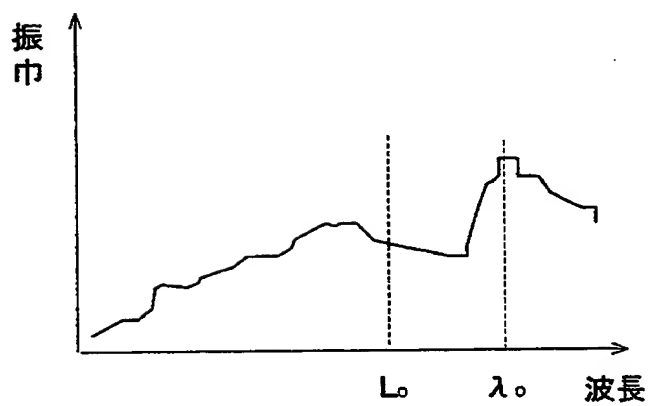


【図 8】

(A)

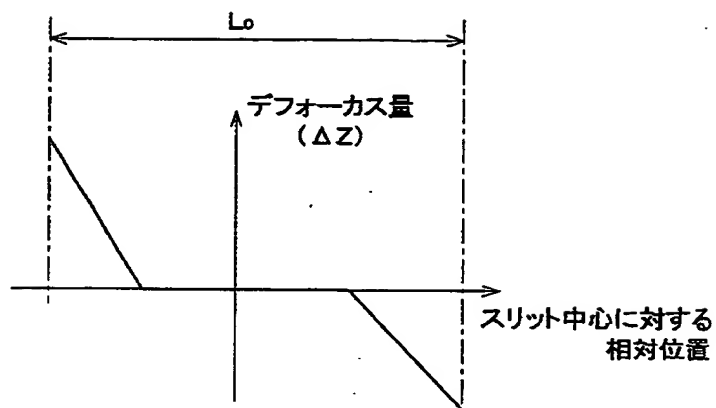


(B)

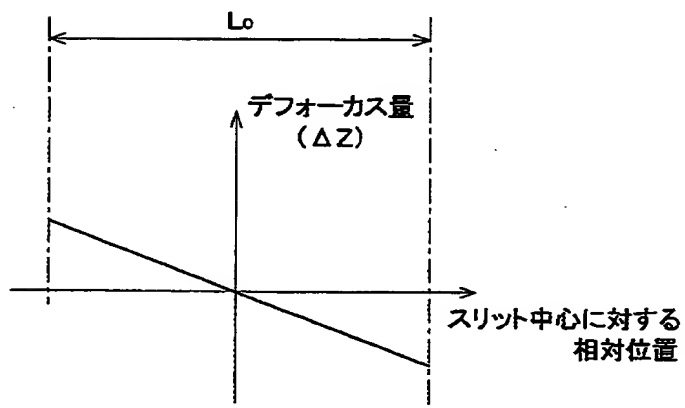


【図9】

(A)



(B)



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 大きな合焦駆動能力を前提とせずに、極端な結像性能の劣化を起こすこと無くパターン転写を行う。

【解決手段】 主制御系 20 が、記憶装置 19 に記憶された区画領域の表面状態を示すデータと感応基板 W の照明領域の形状に関するデータとに基づいて、合焦制御のモードを決定する。そして、主制御系 20 が、決定された合焦モードで、フォーカスセンサ 7 による検出結果に基づきアクチュエータを制御して、ウエハ W を保持する基板ステージ 10 を投影光学系 PL の光軸（Z 軸）方向へ駆動し、合焦制御を行つつ、主制御系がウエハステージ駆動部 16 を制御して、レチクルステージ 3 と基板テーブル 10 との同期移動制御を行うことにより、レチクル R に形成されたパターンを、投影光学系 PL を介してウエハ W 上の区画領域に転写する。

【選択図】 図 1

【書類名】 職権訂正データ  
【訂正書類】 特許願

<認定情報・付加情報>

【特許出願人】  
【識別番号】 000004112  
【住所又は居所】 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号  
【氏名又は名称】 株式会社ニコン  
【代理人】 申請人  
【識別番号】 100102901  
【住所又は居所】 東京都新宿区新宿5-1-15 新宿MMビル 立  
石・川北国際特許事務所  
【氏名又は名称】 立石 篤司  
【代理人】 申請人  
【識別番号】 100099793  
【住所又は居所】 東京都新宿区新宿5-1-15 新宿MMビル 立  
石・川北国際特許事務所  
【氏名又は名称】 川北 喜十郎

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [000004112]

1. 変更年月日 1990年 8月29日

[変更理由] 新規登録

住 所 東京都千代田区丸の内3丁目2番3号

氏 名 株式会社ニコン

